Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 23, No. 1, Spring 2025, p. 45-64

The Outlook for Food Security in Razavi Khorasan Province (2024-2033) from the Perspective of Crop Products (Based on Water Capacity)

A. Keshavarz[1,2]**, A. Zarea Feizabadi**[1,3]**, F. Yaghoubi**[4*]

1- National Center for Strategic Studies of Agriculture and Water use at Iran's Chamber of Commerce, Tehran, Iran
2- Agricultural Research, Education and Extension Organization, Seed and Plant Improvement Institute, Tehran, Iran
3- Agricultural Research, Education and Extension Organization, Research Center of Agricultural and Natural Resources of Razavi Khorasan, Mashhad, Iran
4- Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: fa.yaghoubi@mail.um.ac.ir)

Received: 09 April 2024 Revised: 25 July 2024 Accepted: 12 August 2024 Available Online: 01 March 2025	**How to cite this article:** Keshavarz, A., Zarea Feizabadi, A., & Yaghoubi, F. (2025). The Outlook for Food Security in Razavi Khorasan Province (2024-2033) from the Perspective of Crop Products (Based on Water Capacity). *Iranian Journal of Field Crops Research, 23*(1), 45-64. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.87489.1319

Introduction

The food security of any country is directly dependent on the production of its agricultural sector, and any disruption in the production process of this sector can directly threaten the food, social, economic and even political security of the country. In other words, the agricultural sector, as a productive sector, is responsible for eliminating and reducing poverty and ensuring food security. In the current situation, due to the ever-increasing demand and the significant growth of the population, the indiscriminate and incorrect exploitation of limited and non-renewable resources and reserves, as well as the occurrence of challenges such as climate change, ensuring food security and maintaining it, are of great importance. The purpose of this study was to investigate the availability of crop products in Razavi Khorasan province in two horizons of 5 and 10 years under two scenarios of full irrigation and deficit irrigation in accordance with the water capacity of the province and to provide appropriate solutions.

Materials and Methods

This study was carried out in Razavi Khorasan province for the time period of 2017-2020 as the baseline and 2024-2028 and 2024-2033 as 5- and 10-year horizons, respectively. The information needed for this study was obtained through documentary and library studies, generally by referring to the official centers that publish the country's information and published documents (especially the Ministry of Agriculture and the Agricultural Jihad Organization of Razavi Khorasan province), field information and also by completing the questionnaire from national experts and holding meetings with stakeholders and experts. Finally, the changes in the harvested area, yield, production, volume of water consumption and water productivity of important irrigated (under two scenarios of full irrigation and deficit irrigation) and rainfed crops, as well as indicators of per-capita consumption, production, demand, trade, and the percentage of self-reliance of these crops were estimated and evaluated in 5- and 10-year horizons compared to the baseline (2017-2020).

https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.87489.1319

Results and Discussion

According to the results, if the objectives of this study are achieved, the crop water requirement and total water consumption will decrease across both scenarios and time horizons, while water productivity will improve compared to the baseline. In the projected horizon periods, the yield of both irrigated and rainfed crops will increase compared to the baseline. The harvested area of irrigated crops will decrease, while the harvested area of rainfed crops will expand. However, under deficit irrigation conditions, the production of both rainfed and irrigated crops will rise, whereas irrigated crop production under full irrigation conditions will decline, aligning with water balance objectives. These changes will occur mainly due to the increase in the harvested area and production of fodder sorghum, silage, fodder beet, and autumn beet and the decrease in the harvest area and production of alfalfa, irrigated vegetable crops, and spring beet. Despite the increase in the demand of important crop products of the province in 5- and 10-year horizons by 10 and 17% (considering population growth and improvement in per-capita consumption), respectively, the amount of production of these products will decrease by 2% in 5-year horizon and increase by only 1% in 10-year horizon. Therefore, it is predicted that the self-reliance of the province's total production will decrease from 74% in the baseline to 68% and 67% in the 5- and 10-year horizons, respectively. In order to achieve the results of this study, solutions such as paying attention to aquifers and watersheds, cultivation of fallow lands, increasing soil organic matter, real development of conservation agriculture, development of autumn and waiting planting, development of alternative crops (especially fodder crops), and provision, production, distribution, and consumption of inputs in a timely and appropriate manner are suggested.

Conclusion

In total, the results of this research showed that the proposed production pattern for crops in Razavi Khorasan province and 5 and 10-year horizons will be consistent with the water capacity of the province, especially in the deficit irrigation scenario. However, the realization of the results of this study requires the categories of "research", "technology", "education and empowerment", and "promotion of achievements".

Keywords: Deficit irrigation, Per-capita consumption, Production, Self-reliance, Water productivity

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۲۳، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، ص ۶۴-۴۵

چشم‌انداز امنیت غذایی استان خراسان رضوی (۱۴۱۳-۱۴۰۳) از دیدگاه محصولات زراعی (منطبق بر ظرفیت آب)

عباس کشاورز[۱،۲]، احمد زارع فیض‌آبادی[۱،۳]، فاطمه یعقوبی[۴*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲

چکیده

مطالعه حاضر با هدف تأمین امنیت غذایی و با در نظر گرفتن ظرفیت آبی استان خراسان رضوی، بـا اسـتفاده از اطلاعـات اسـنادی و کتابخانـه‌ای و همچنین جمع‌آوری داده‌های میدانی و نظرات صاحب نظران، جهت پیش‌بینی ظرفیت‌های آینده تولیدات زراعی در این استان انجام شده است. برای این منظور، سطح برداشت، عملکرد، تولید، حجم آب مصرفی و بهره‌وری آب برای محصولات مهم زراعی آبی و دیم استان خراسـان رضـوی در افق‌هـای ۵ (۱۴۰۷-۱۴۰۳) و ۱۰ ساله (۱۴۱۲-۱۴۰۳) برای دو سناریوی آبیاری کامل (آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و کم‌آبیاری (آبیاری بین ۸۰ تا ۹۰ درصـد نیاز آبی بسته به نوع محصول) پیش‌بینی و نسبت به دوره پایه (۹۹-۱۳۹۶) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان عملکرد محصولات آبی و دیم در دوره‌های افق نسبت به دوره پایه، افزایش و سطح برداشت محصولات آبی کاهش و محصولات دیـم افـزایش خواهـد یافـت. بااین‌حـال، میـزان تولیدات آبی در شرایط کم‌آبیاری و همچنین تولیدات دیم با افزایش و میزان تولیدات آبی در شرایط آبیاری کامل در راسـتای تعادل‌بخشـی منـابع آب بـا کاهش مواجه خواهد شد. این تغییرات عمدتاً ناشی از افزایش در سـطح برداشـت و تولیـد سـورگوم علوفـه‌ای (*Sorghum bicolor*)، قصـیل، چغنـدر علوفه‌ای و چغندر پاییزه (*Beta vulgaris*) و کاهش در سطح برداشت و تولید یونجه (*Medicago sativa*)، محصولات جالیزی آبی و چغندر بهـاره رخ خواهد داد. علی‌رغم افزایش تقاضای محصولات مهم زراعی استان در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله بـه‌ترتیب بـه‌میزان ۱۰ و ۱۷ درصـد (بـا در نظر گـرفتن افزایش جمعیت و کاهش اندک مصرف سرانه)، میزان تولید این محصولات در افق ۵ ساله دو درصد کاهش و در افق ۱۰ ساله تنها یـک درصـد افـزایش خواهد یافت. لذا پیش‌بینی می‌شود که میزان خوداتکایی کل تولیدات استان از ۷۴ درصد در دوره پایه بـه ۶۸ و ۶۷ درصـد بـه‌ترتیب در افق‌هـای ۵ و ۱۰ ساله کاهش یابد. جهت حصول نتایج این مطالعه، راهکارهایی از جمله توجه به آبخوان و آبخیزداری، ایجاد پوشش گیاهی در اراضی آیـش ماننـد کشـت گیاهان دارویی و علوفه‌ای، استفاده از کودهای آلی و زیستی، توسعه واقعـی کشـاورزی حفـاظتی، توسـعه کشـت‌های پـاییزه و انتظـاری، توسـعه کشـت محصولات جایگزین به‌ویژه محصولات علوفه‌ای و تأمین، تولید، توزیع و مصرف به‌موقع و مناسب نهاده‌ها پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، تولید، خوداتکایی، کم‌آبیاری، مصرف سرانه

مقدمه

امنیت غذایی کشور به‌طور مستقیم به تولیدات بخـش کشـاورزی وابسته است و هرگونه اختلالی در رونـد تولیـد ایـن بخـش می‌توانـد به‌طور مستقیم امنیت غذایی، اجتماعی، اقتصادی و حتی سیاسی کشور را تهدید کند. به عبارت دیگر، بخش کشاورزی به‌عنوان بخش مولـد، وظیفه از بین بردن و کاهش فقر و تأمین امنیـت غـذایی را بـر عهـده دارد (Zarei, 2023). طبق تعریف بانک جهانی، امنیت غذایی زمانی تحقق می‌یابد که همه مردم در تمام اوقات، بـه غـذای کـافی بـرای داشتن یک زندگی سالم دسترسی داشته باشند. این امـر خـود دارای چهار رکن «فراهمی غذا[۵]»، «دسترسی به غذا[۶]»، «مصرف و سـلامت

۱- مرکز ملی راهبردی مطالعات کشاورزی و آب اتاق بازرگانی، صـنایع، معـادن و کشاورزی ایران، تهران، ایران
۲- سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیـه بذر کشور، تهران، ایران
۳- سازمان تحقیقات آموزش و تـرویج کشـاورزی، مرکـز تحقیقـات کشـاورزی و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران
۴- گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: fa.yaghoubi@mail.um.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.87489.1319

5- Food availability
6- Food access

غـذا[1]» و «ثبـات و پایـداری[2]» اسـت (Eslami, 2020). در شـرایط کنونی، تأمین امنیت غذایی و حفظ آن، با توجه به تقاضای روزافزون و رشد چشم‌گیر جمعیت از یک‌سو و بهره‌برداری بیش از حد و ناصحیح از منابع و ذخایر محدود و تجدیدناپذیر و نیز بـروز چالش‌هـایی چـون تغییر اقلیم از سوی دیگر، اهمیت بسیار بالایی دارد. تولید محصـولات کشاورزی با کاستی‌ها و چالش‌های فراوانی روبه‌رو اسـت کـه نیازمنـد برنامه‌ریزی صحیح است. از این منظر، مدیریت بهینـه و بهره‌بـرداری اصولی و پایدار از منابع تولید متناسب با تـوان بوم‌شـناختی و آمـایش سرزمین به‌عنوان ضروریاتی مهـم و انکارناپـذیر در دسـتیابی و حفـظ امنیت غذایی می‌باشد. لذا در مطالعـات مختلـف (Simtowe *et al.*, 2010; Rutten, Van Dijk, Van Rooij, & Hilderink, 2014; Khorasanizadeh, Ghasemieh, Soleimani-Motlagh, & Mizavand, 2023) بـه ارزیـابی تولیـدات کشـاورزی و منـابع آب و همچنین برنامه‌ریزی در راستای نیل به هدف امنیت غـذایی پرداختـه شده است.

استان خراسان رضوی با مساحتی بیش از ۱۱۶۴۸۵ کیلومترمربـع، چهارمین استان پهناور کشور می‌باشد. بخش کشاورزی استان خراسان رضوی با برخـورداری از ظرفیت‌هـا و توانمنـدی‌های وسـیع، جایگـاه تعیین‌کننده‌ای در اقتصاد ملی و استان داشته و نقش مهمی در تـأمین نیازهای حیاتی جامعه، امنیت غذایی، تأمین مواد اولیه مورد نیاز صنایع و ایجاد اشتغال ایفا می‌کنـد. ایـن اسـتان در سـال زراعـی ۹۹-۱۳۹۸ دارای بیش از ۹۹۳ هزار هکتـار سـطح زیرکشـت انـواع محصـولات زراعی و باغی بوده که حدود ۷/۶ درصـد اراضـی زیرکشـت کشـور را تشکیل می‌دهد. از این مقدار، بیش از ۶۲۰ هزار هکتـار زراعـی اسـت که حدود ۵/۱ درصد از اراضی زیرکشت کشور را بـه خـود اختصـاص داده است. کل تولیدات بخش کشاورزی استان خراسان رضوی حـدود ۷/۵ میلیون تن از انواع محصولات زراعی و باغی، دامی و آبزیان بوده که شش درصد از کل تولیدات کشور را به خود اختصاص داده است و دارای ارزش ناخالص اقتصادی بیش از ۴۶۹۵۷۲ میلیارد ریال می‌باشد (Organization of Agricultural-Jihad of Khorasan Razavi, 2022).

با توجه به بحران‌هـای زیسـت‌محیطی و در رأس آن بحـران آب، افزایش میزان تولید و بهره‌برداری از زمین و منابع آن باید متناسب بـا توان‌های اکولوژیکی موجود صورت گیرد. این موضـوع بـا توجـه بـه شدت گرفتن سرعت تغییرات اقلیمی (در منطقـه خراسـان رضـوی) و تجربه دوره خشکسالی طولانی‌مـدت اخیـر (Zarrin, 2021) از نظـر زیست‌محیطی و مدیریتی بسیار حائز اهمیت بـوده و در صـورت عـدم توجه، تبدیل به اصلی‌ترین زنـگ خطـر خواهـد شـد. براساس طـرح مطالعـات آب حوضـه شـرق کشـور در سـال ۱۴۰۱، میـزان کـل آب مصرفی بخش کشاورزی استان خراسان رضوی در سال ۱۳۸۷، ۵۸۵۶ میلیون مترمکعب بوده کـه ۱۱۰۴ میلیـون مترمکعـبِ آن از آب‌هـای سطحی و ۴۷۲۵ میلیون مترمکعب از آب‌های زیرزمینی برداشت شـده است. در سال ۱۳۹۷، میزان آب مصرفی در بخـش کشـاورزی بـا ۱۸ درصد کاهش نسبت به سال ۱۳۸۷ به ۴۷۹۵ میلیون مترمکعب رسیده است که حاصلِ افزایش هشت درصـدی در برداشـت آب از آب‌هـای سطحی و کاهش ۲۴ درصدی برداشت از آبهای زیرزمینی می‌باشـد. پیش‌بینی می‌شود که میزان آب مصرفی در بخش کشـاورزی در افـق ۱۴۱۰ با ۳۹ درصد کاهش نسبت بـه سـال ۱۳۹۷ بـه ۲۹۳۵ میلیـون مترمکعب برسد که ۷۱۱ میلیون مترمکعبِ آن از آب‌هـای سـطحی و ۲۲۲۴ میلیون مترمکعب از آب‌های زیرزمینی خواهد بود. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، کاهش ایجادشده در افـق ۱۴۱۰ دو برابـر کـاهش ایجادشـده در سـال ۱۳۹۷ خواهـد بـود (Poursepahi, 2022) کـه نشان‌دهنده لزوم افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی و منطبـق نمودن تولیدات بخش بـا ظرفیـت آب اسـتان در راسـتای کمـک بـه تعادل‌بخشی منابع آب به معنای ایجاد تعادل بین منابع و مصـرف آب است (Pilvar & Rajabi, 2019).

افت شدید منابع آب زیرزمینی به‌ویژه در مناطق خشک، متولیـان آب کشـور را بـر آن داشـته تـا طرح‌هـای تعادل‌بخشـی منـابع آب و برون‌رفت از این بحران را ارائـه دهنـد (Yousefi, Sarai Tabrizi, Porhemmat, & Babazadeh, 2022). همچنین در اسناد بالادستی کلیه برنامه‌های مصوب و در سیاست‌ها و راهبردهـای توسـعه، توجـه خاصی به برنامـه‌ریزی‌های تـأمین (تولیـد) مـواد غـذایی در داخـل و دسترسی افراد جامعه به سبد غذایی مورد نیاز مبذول شـده اسـت. لـذا هدف از مطالعه حاضر، بررسی فراهمی تولیدات زراعی استان خراسـان رضوی در دو افق ۵ ساله و ۱۰ سـاله (۱۴۰۷-۱۴۰۳ و ۱۴۱۲-۱۴۰۳) تحت دو سناریوی آبیاری کامل و کم‌آبیاری منطبق بـر ظرفیـت آبـی استان و ارائه راهکارهای مناسب جهت نیـل بـه اهـداف سـند ملـی و راهبردی تحول امنیـت غـذایی کشـور (National and Strategic Document of Food Security, 2021) در این زمینه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر برگرفته از گزارش طرح تولیـدات کشـاورزی شـرق کشور، چشم‌انداز افق ۵ و ۱۰ ساله تولیدات کشاورزی استان خراسـان رضوی (منطبق بر ظرفیت آب) مصوب مرکز ملی مطالعات راهبـردی کشاورزی و آب، اتاق بازرگانی، صنایع، معـادن و کشـاورزی ایـران در سال ۱۴۰۲ است. لذا منطقه مورد مطالعه آن استان خراسان رضـوی و محدوده زمانی مورد مطالعـه دوره‌هـای ۱۴۰۷-۱۴۰۳ و ۱۴۱۲-۱۴۰۳ به‌ترتیب به‌عنوان افق‌های ۵ و ۱۰ ساله و دوره چهار ساله منتهـی بـه ۱۳۹۹ (۱۳۹۶-۹۹) به‌عنوان دوره پایه می‌باشد.

1- Food utilization and health
2- Stability and sustainability

اطلاعات موردن یاز جهت این مطالعه، به‌طور کلی از طریق مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای عموماً با استفاده از مراجعه به مراکز رسمی منتشرکننده اطلاعات کشور (داده‌های موجود ثبت‌شده در مرکز آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی) و اسناد منتشره به‌ویژه وزارت و سازمان جهاد کشاورزی استان و در راستای سند امنیت غذایی و برنامه توسعه هفتم کشور، اطلاعات میدانی و همچنین ازطریق تکمیل پرسش‌نامه از خبرگان کشوری و برگزاری جلسات با ذی‌نفعان و خبرگان به دست آمد. نیاز خالص آبی محصولات زراعی برای دوره پایه از طرح مطالعات نیاز آبی محصولات مهم زراعی و باغبانی استان‌های شرق کشور (Studies on the water requirement of important agricultural and horticultural crops in the eastern provinces of Iran, 2023) حاصل شد. در مطالعه حاضر، میزان تولید محصولات زراعی در دو سناریوی آبیاری کامل و کم‌آبیاری مورد بررسی قرار گرفته است. ضریب اعمال‌شده جهت کم‌آبیاری و کارآیی آبیاری برای هر یک از محصولات در جدول ۱ ارئه شده است که این ضریب با توجه به نوع محصول بین ۰/۸ و ۰/۹ نیاز ناخالص هر محصول متغیر می‌باشد. این ضرایب براساس نتایج طرح‌های تحقیقاتی تنش‌های آبی محصولات زراعی مختلف که توسط مؤسسات تحقیقات اصلاح و تهیه بذر کشور، فنی و مهندسی کشاورزی، آب و خاک و مؤسسات تک محصولی چغندر قند، پنبه و برنج و ... انجام‌شده، تعیین شده‌اند. لازم به ذکر است که این مقادیر قبل از استفاده در جلسات کارشناسی با خبرگان، کارشناسان و محققان بررسی و جمع‌بندی شده است. در این مطالعه پیش‌بینی شده است که کارآیی آبیاری محصولات استان در دوره ۵ ساله ۱۵ درصد و در دوره ۱۰ ساله ۲۵ درصد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. حجم آب مصرفی جهت تولیدات کل کشاورزی استان برای شرایط پایه و دوره‌های افق ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب ۴۵۸۶، ۳۸۰۹ و ۳۰۶۶ میلیون مترمکعب در شرایط کم‌آبیاری و ۶۲۷۲، ۳۹۵۱ و ۳۰۲۱ میلیون مترمکعب در شرایط آبیاری کامل لحاظ گردید. این مقادیر بر مبنای سطح زیرکشت محصولات مختلف زراعی استان و محاسبه نیاز آبی از طرح مطالعات نیاز آبی محصولات مهم زراعی و باغبانی استان‌های شرق کشور (Studies on the water requirement of important agricultural and horticultural crops in the eastern provinces of Iran, 2023) و همچنین برآورد حجم آب در آینده (Poursepahi, 2022) تعیین شده‌اند. براساس ظرفیت زراعی و باغی و کشت‌های فعلی و آینده، سهم زراعی در سال پایه و افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب ۶۰، ۶۲ و ۶۳ درصد از حجم آب مصرفی کل تولیدات در نظر گرفته شد. تقسیم حجم آب بین محصولات زراعی و باغی بر مبنای وضعیت میانگین سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ به‌عنوان سال پایه با محاسبه سطح زیرکشت، نیاز آبی و آب مصرفی محصولات زراعی و باغی استان محاسبه شد. برای سال پایه گروه زراعی و باغی آورده شده است و سپس بر مبنای حجم آب برآوردشده آینده استان توسط وزارت نیرو و توافق‌شده در سند ملی آب و همچنین برآورد سند برنامه هفتم توسعه در آینده کشور و استان برای افق‌های ۵ و ۱۰ ساله استان در نظر گرفته شده است.

میزان سطح برداشت، عملکرد و تولید محصولات زراعی آبی و دیم استان خراسان رضوی برای دوره پایه از مطالعه زارع فیض‌آبادی و همکاران (Zare-Feizabadi *et al*., 2022) به دست آمد. ازآن‌جایی‌که این مطالعه در راستای تعادل‌بخشی آب استان خراسان رضوی در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله انجام شده است؛ پس از شناخت وضع موجود و با هدف تحلیل اهداف و ارتقاء بهره‌وری آب آبی و سبز (همراه با کاهش برداشت از منابع آب موجود)، در دوره‌های افق، افزایش عملکرد و تولید در محیط‌های بسته و اراضی دیم و همچنین تغییر فصل کشت و جایگزینی برخی از محصولات آبی مدنظر قرار گرفته است. عملکرد پتانسیل محصولات زراعی مهم استان از مطالعه سلطانی و همکاران (Soltani *et al*., 2019) به‌دست آمد.

حجم آب مصرفی از حاصلضرب سطح زیر کشت در نیاز آبی محصولات و بهره‌وری آب نیز از تقسیم میزان تولید بر حجم آب مصرفی برای دوره‌های پایه و افق برآورد شد (Poshtvan & Rajabi Hashtjin, 2023). در این مطالعه، شاخص‌های مصرف سرانه، تولید، تقاضا، تجارت و درصد خودداتکایی برای محصولات مهم کشاورزی محاسبه شده‌اند. با توجه به اینکه مصرف سرانه برای استان موجود نمی‌باشد، در این طرح مقادیر مصرف سرانه استان برابر با مقادیر مصرف سرانه بهینه کشور مستخرج از مطالعه شریعتمدار و همکاران (Shariatmadar, Keshavarz, Kosravi, Kianpour, & Farsi, 2020) برای پایه و براساس مقادیر سند ملی امنیت غذایی مرکز مطالعات برای افق در نظر گرفته‌شده است. میزان تقاضا از حاصل‌ضرب جمعیت استان در مصرف سرانه محصول مورد نظر برآورد شده است. میزان تجارت براساس تفاوت تقاضا و تولید در نظر گرفته شده (که اضافی به خارج از استان صادر و کمبود از خارج استان تأمین می‌شود) و با محاسبه نسبت میزان تولید به تقاضا، نرخ خودداتکایی محاسبه شده است. در نهایت، تغییرات در سطح برداشت، عملکرد، تولید، حجم آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب محصولات مهم زراعی آبی (تحت دو سناریوی آبیاری کامل و کم‌آبیاری) و دیم و همچنین شاخص‌های مصرف سرانه، تولید، تقاضا، تجارت و درصد خودداتکایی این محصولات در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله نسبت به دوره پایه برآورد و مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۱- ضریب کم‌آبیاری و کارآیی آبیاری محصولات زراعی

Table 1- Deficit irrigation coefficient and crop irrigation efficiency

محصول Crop	ضریب کم‌آبیاری Deficit irrigation coefficient	کارآیی آبیاری Irrigation efficiency (%)
Wheat گندم	0.8	50
Barley جو	0.8	50
Rice برنج	0.9	50
Cotton پنبه	0.8	50
Beet چغندر	0.8	50
Autumn beet چغندر پاییزه	0.8	50
Beans حبوبات	0.8	50
Potato سیب‌زمینی	0.9	70
Onion پیاز	0.8	60
Tomato گوجه‌فرنگی	0.9	60
Oily crops گیاهان روغنی	0.8	50
Watermelon هندوانه	0.8	60
Melon خربزه	0.9	60
Other vegetable crops سایر جالیز	0.9	60
Alfalfa یونجه	0.9	50
Fodder maize ذرت علوفه‌ای	0.9	60
Fodder sorghum سورگوم علوفه‌ای	0.8	60
Silage قصیل	0.8	50
Fodder beet چغندر علوفه‌ای	0.8	60
Other fodder crops سایر علوفه	0.9	50
Other crops سایر محصولات	0.8	50
Total crops کل محصولات	0.8	50

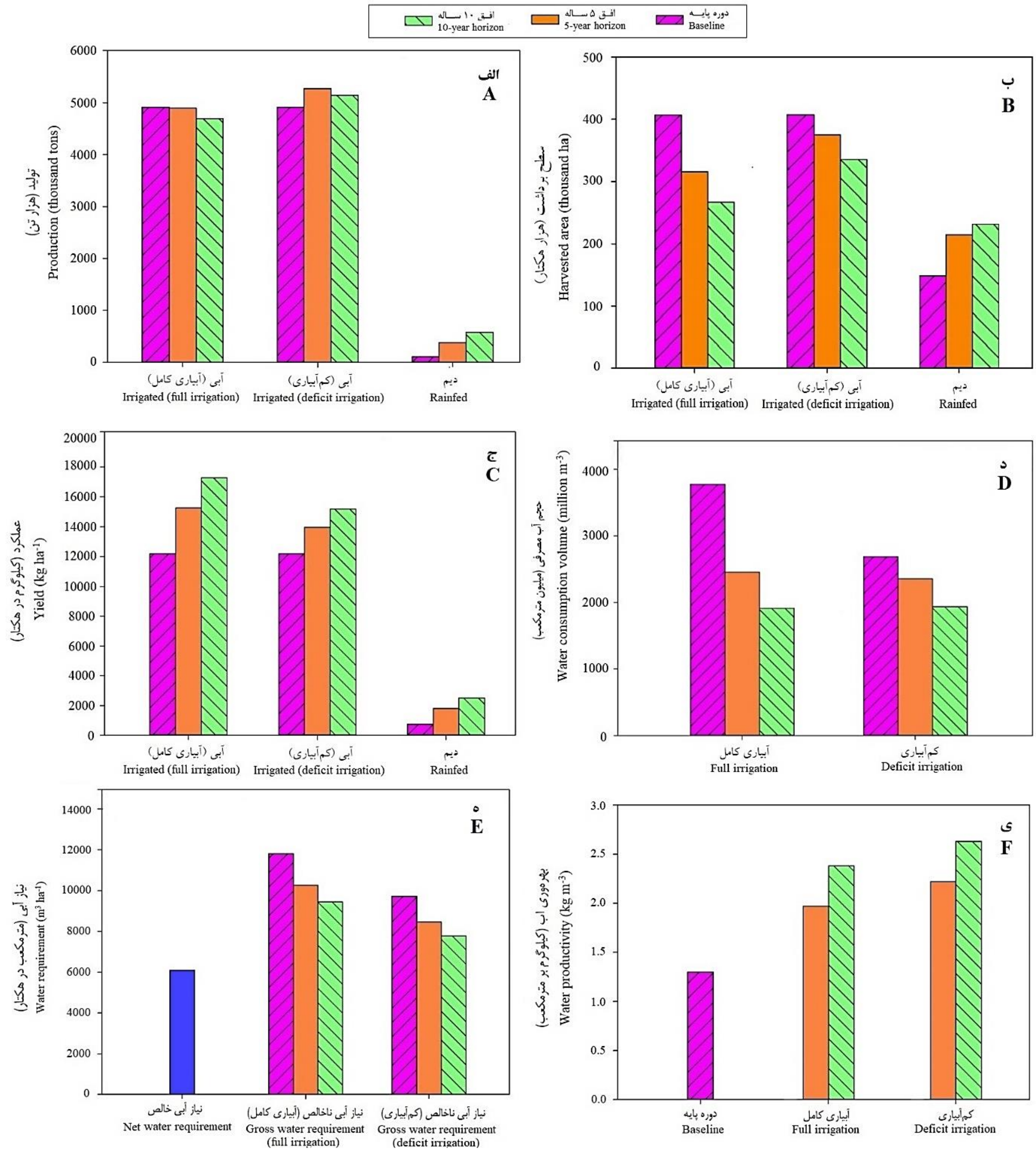
تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot 14.0 انجام شد.

نتایج و بحث

چشم‌انداز تولید و بهره‌وری آب کل محصولات زراعی استان خراسان رضوی

میزان تولید کل محصولات زراعی آبی در دوره پایه ۴۹۱۳ هزار تن بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب به ۴۸۹۶ و ۴۶۹۳ هزار تن در شرایط آبیاری کامل و ۵۲۷۱ و ۵۱۴۰ هزار تن در شرایط کم‌آبیاری خواهد رسید (شکل ۱- الف). به عبارت دیگر، کم‌آبیاری موجب افزایش هفت و پنج درصدی و اجرای آبیاری کامل موجب کاهش ۰/۴ و ۴ درصدی تولید محصولات زراعی به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله نسبت به دوره پایه خواهد شد. میزان تولید محصولات زراعی دیم نیز در دوره پایه ۱۱۱ هزارتن بوده که با ۲۴۸ و ۴۲۳ درصد افزایش به ۳۸۶ و ۵۸۱ هزار تن به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله خواهد رسید. با توجه به شرایط تغییر اقلیم و کاهش پیش‌بینی‌شده در ریزش‌های جوی در سال‌های آتی (Asgharzadeh, Gobadijanbaz, Motevalli, Taherian, & Kouhi, 2024)، دستیابی به این افزایش چشم‌گیر در تولید محصولات زراعی دیم نیازمند توجه ویژه به آبخوان و آبخیزداری و اقدامات مدیریتی مطلوب به‌ویژه در جهت تغییر محصولات و سهم آن‌ها و تأمین، تولید، توزیع، مقدار و زمان مصرف مناسب نهاده‌ها می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده است که هر ساله حدود ۴۱۳ میلیارد مترمکعب آب در اثر ریزش‌های جوی وارد کشور می‌شود که از این مقدار حدود ۲۸۳ میلیارد مترمکعب از طریق تبخیر و تعرق دوباره وارد اتمسفر می‌شود (Tavasoli, Tabatabaee, Hoseinnia, Bagherzade, & Jabbari, 2016). استان خراسان رضوی نیز از این قاعده مستثنا نمی‌باشد؛ به‌عنوان مثال، سالانه به‌طور متوسط ۲/۵ میلیارد مترمکعب بارش در دشت مشهد، مرکز استان خراسان رضوی رخ می‌دهد که ۸۰ درصد آن به‌صورت رواناب و تبخیر از دسترس خارج می‌گردد (Khorasan, 2023). این در حالی است که می‌توان با مهار کردن این میزان هدررفت آب با عملیات آبخیزداری، علاوه‌بر تقویت سفره‌های آب زیرزمینی، به برون‌رفت از بحران‌های کم‌آبی، سیل، فرسایش و

رسیدن به امنیت غذایی پایدار کمک نمود. استان خراسان رضـوی بـا توجه به وضعیت توپوگرافی و جنس خاک، یکی از استان‌های مسـتعد برای پروژه‌های آبخیزداری و آبخوان‌داری است (Ghods, 2021). بـا توجه به محدودیت آب استان، قطعاً بهره‌گیری از دانش آبخیـزداری و آبخوان‌داری در کشـت دیـم اسـتان مثمرثمـر و مفیـد خواهـد بـود و می‌تواند نقش بسیار مهم و مؤثری در افزایش تولید دیم داشته باشد.



شکل ۱- تولید (الف)، سطح برداشت (ب)، عملکرد (ج)، حجم آب مصرفی (د)، نیاز آبی (ه) و بهره‌وری آب (ی) کل محصولات زراعی در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری در دوره پایه و افق‌های ۵ و ۱۰ ساله

Figure 1- Production (A), harvested area (B), yield (C), water consumption volume (D), water requirement (E), and water productivity (F) of total crops under full and deficit irrigation conditions in the baseline and 5- and 10-year horizon

سطح برداشت کل محصولات زراعی آبی از ۴۰۷ هزار هکتار در دوره پایه در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری به‌ترتیب به ۳۷۴ و ۳۱۶ هزار هکتار در افق ۵ ساله و به ۳۳۵ و ۲۶۷ هزار هکتار در افق ۱۰ ساله خواهد رسید (شکل ۱- ب). به عبارت دیگر، سطح برداشت کل محصولات زراعی آبی استان در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله نسبت به دوره پایه در شرایط آبیاری کامل به‌ترتیب ۲۲ و ۳۴ درصد و در شرایط کم‌آبیاری ۸ و ۱۸ درصد کاهش خواهد یافت. این در حالی است که سطح برداشت محصولات زراعی دیم از حدود ۱۴۹ هزار هکتار در دوره پایه با ۴۴ و ۵۵ درصد افزایش به ۲۱۵ و ۲۳۱ هزار هکتار به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله خواهد رسید (سطح برداشت دیم سالانه در طی سال‌های ابتدایی مطالعه بیش از ۲۰۰ هزار هکتار به‌صورت رسمی گزارش شده است). لذا در راستای توسعه کشت در دیم‌زارها، سهم سطح برداشت محصولات زراعی دیم از کل محصولات زراعی استان در افق‌های مورد مطالعه افزایش و سهم سطح برداشت محصولات زراعی آبی در هر دو سناریو کاهش خواهد یافت. افزایش سطح زیرکشت دیم نیز منجر به افزایش تولید و حفظ پایداری خواهد گردید؛ چراکه حفظ پوشش گیاهی در این اراضی، کاهش فرسایش آبی و بادی و افزایش ماده آلی خاک را در صورت کشت مناسب و اصولی در پی خواهد داشت (Lebaschi, 2017). دیم‌زارهای آیش و رهاشده دارای ظرفیت تولیدی هستند و قابلیت کشت و درآمدزایی برای کشور دارند. با توجه به اینکه بیشتر این اراضی، رویشگاه‌های مرتعی هستند که پس از تغییر کاربری به اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند، دیم‌کاری گیاهان چندساله بومی و طبیعی که در همان رویشگاه وجود داشته‌اند یا هم‌اکنون در اراضی ملی و مراتع مجاور این دیم‌زارها وجود دارند، نوعی رویکرد نزدیک به طبیعت در کشت دیم به‌شمار می‌رود (Rahmani, Sefidkan, Fayyaz, Jafari, & Motamedi, 2022). با توجه به غیر قابل حصول بودن حق مالکیت کشاورزی، می‌توان با خدمات ترویجی و ارائه طرح‌های حمایتی و تشویقی مناسب در جهت ترغیب کشاورزان به کشت گیاهان با هدف پوشش گیاهی و گونه‌ای مرتعی یا علوفه‌ای در زمین‌های آیش و دیم گام برداشت.

میزان عملکرد کل محصولات زراعی آبی استان در دوره پایه ۱۲۱۷۳ کیلوگرم بر هکتار (در کشور ۱۲۶۸۸ کیلوگرم بر هکتار) بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب به ۱۵۲۵۸ و ۱۷۲۹۸ کیلوگرم بر هکتار در شرایط آبیاری کامل به ۱۳۹۵۵ و ۱۵۱۷۹ کیلوگرم بر هکتار در شرایط کم‌آبیاری افزایش خواهد یافت (شکل ۱- ج). میزان عملکرد کل محصولات زراعی دیم نیز در دوره پایه ۷۴۴ کیلوگرم بر هکتار گزارش شده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب به ۱۸۰۱ و ۲۵۱۶ کیلوگرم بر هکتار با تغییر سطح و نوع محصول خواهد رسید. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، علی‌رغم کاهش ریزش‌های جوی و محدودیت بیشتر منابع آبی در دوره‌های افق، عملکرد محصولات زراعی آبی و دیم افزایش خواهد یافت. این امر بیانگر آن است که در دوره پایه از پتانسیل موجود استفاده نشده است، که نیازمند توجه و تجدیدنظر اساسی است.

حجم آب مصرفی کل محصولات زراعی در شرایط آبیاری کامل در دوره پایه ۳۷۷۸ میلیون مترمکعب بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب با ۳۵ و ۴۹ درصد کاهش به ۲۴۵۷ و ۱۹۱۳ میلیون مترمکعب خواهد رسید (شکل ۱- د). در شرایط کم‌آبیاری حجم آب مصرفی با ۲۶۹۰ میلیون مترمکعب ۲۹ درصد کمتر از آبیاری کامل بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب با ۳۸ و ۴۹ درصد کاهش نسبت به دوره پایه در شرایط آبیاری کامل به ۲۳۵۶ و ۱۹۳۵ میلیون مترمکعب خواهد رسید. این امر ناشی از کاهش نیاز آبی و سطح برداشت کل محصولات زراعی در افق‌های مورد مطالعه نسبت به دوره پایه است. کاهش بیشتر سطح زیرکشت در شرایط آبیاری کامل نسبت به کم‌آبیاری موجب شده است که علی‌رغم نیاز آبی بیشتر در شرایط آبیاری کامل، حجم آب مصرفی در این شرایط در دوره‌های افق نزدیک به حجم آب مصرفی در شرایط کم‌آبیاری گردد.

میانگین نیاز خالص آبی کل محصولات زراعی ۶۱۰۳ مترمکعب در هکتار است، درحالی‌که نیاز ناخالص آبی این محصولات (۱۱۸۰۵ متر مکعب در هکتار) نزدیک به دو برابر نیاز خالص آبی است (شکل ۱- ه). در شرایط آبیاری کامل، این میزان نیاز ناخالص آبی به ۱۰۲۶۵ و ۹۴۴۴ مترمکعب در هکتار به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله خواهد رسید. در صورت اعمال کم‌آبیاری (اعمال میانگین ۸۰ درصد نیاز ناخالص آبی)، میزان نیاز ناخالص آبی در شرایط فعلی ۹۷۲۸ مترمکعب در هکتار بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب به ۸۴۵۹ و ۷۷۸۲ مترمکعب در هکتار خواهد رسید.

میانگین بهره‌وری آب کل محصولات زراعی استان در شرایط فعلی ۱/۳ کیلوگرم بر مترمکعب و ۰/۱۱ کمتر از میانگین کشوری (۱/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب) بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب به ۱/۹۷ و ۲/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط آبیاری کامل و به ۲/۲۲ و ۲/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط کم‌آبیاری افزایش خواهد یافت (شکل ۱- ی). این افزایش بهره‌وری آب در هر دو سناریو در نتیجه افزایش در تولید کل محصولات زراعی و تغییر محصولی (شکل ۱- الف) و کاهش در حجم آب مصرفی در هر دو افق (شکل ۱- د) رخ خواهد داد. مجمع جهانی اقتصاد برای چندمین سال متوالی، بحران آب را یکی از تهدیدهای جدی برای دوام ساختار اقتصادی کشورها معرفی نمود (Askari Bozayeh, Mohammadzadeh, & Azarin Far, 2020). اهمیت این موضوع به حدی است که اتخاذ راهکارهایی برای کاهش بحران آب، مقدم بر اخذ راهکارهایی برای سازگاری با تغییر اقلیم برشمرده شده است. ازاین‌رو، سازمان ملل متحد حین تدوین اهداف توسعه پایدار، علاوه‌بر توجه به موضوع آب در بسیاری از اهداف خود، هدفش را به‌طور خاص

به آن اختصاص داد. مهم‌ترین راهکار برای رفع چالش‌های آبی، ارتقاء بهره‌وری آب با هدف محدود نمودن برداشت از منابع آب به حد پایدار ذکر شد (Arora & Mishra, 2019).

نتایج این طرح نشان داد که در حال حاضر بهره‌وری آب (شکل ۱- ی) و کارآیی آبیاری (جدول ۱) در استان خراسان رضوی پایین بوده که با توجه به محدودیت آب در استان و شرایط تغییر اقلیم، ارتقاء آن‌ها ضروری است. لذا باید حداقل در ۱۰ سال آینده، انتقال آب از منبع به مزارع از طریق لوله و فناوری‌های جدید انجام گیرد و کارآیی آبیاری در داخل مزرعه ۱۵ تا ۲۵ درصد به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله افزایش یابد.

چشم‌انداز تولید و بهره‌وری آب محصولات مهم زراعی استان خراسان رضوی

در بین محصولات مهم زراعی استان خراسان رضوی، بیشترین نیاز خالص و ناخالص آبی به‌ترتیب مربوط به یونجه (*Medicago sativa*)، چغندرقند (*Beta vulgaris*)، پیاز (*Allium cepa*)، گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، پنبه (*Gossypium hirsutum*)، برنج (*Oryza sativa*)، خربزه (*Cucumis melo*)، هندوانه (*Citrullus lanatus*) و سایر محصولات جالیزی می‌باشد (جدول ۲). قصیل نیز با ۲۴۰۰ مترمکعب در هکتار، کمترین میزان نیاز خالص و ناخالص آبی را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲- نیاز آبی محصولات زراعی در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری در دوره پایه و افق‌های ۵ و ۱۰ ساله

Table 2- Crop water requirement under full and deficit irrigation conditions in the baseline and 5- and 10-year horizon

محصول Crop	نیاز خالص آبی Net water requirement (m³ ha⁻¹)	نیاز ناخالص آبی Gross water requirement ($m^3\ ha^{-1}$) — آبیاری کامل Full irrigation: دوره پایه Baseline	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	کم‌آبیاری Deficit irrigation: دوره پایه Baseline	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon
Wheat گندم	2884	6409	5573	5127	5172	4458	4102
Barley جو	2510	5587	4850	4462	4462	3880	3570
Rice برنج	7300	16222	14106	12978	14600	12696	11680
Cotton پنبه	7522	15044	13082	12035	12035	10465	9628
Beet چغندر	8186	16372	14237	13098	13095	11389	10478
Autumn beet چغندر پاییزه	4600	9200	8000	7360	7360	6400	5888
Beans حبوبات	6150	12300	10696	9840	9840	8557	7872
Potato سیب‌زمینی	6851	10540	9165	8432	9486	8249	7589
Onion پیاز	8112	13520	11757	10816	10816	9405	8653
Tomato گوجه‌فرنگی	7974	12268	10668	9814	11041	9601	8833
Oily crops گیاهان روغنی	2884	6409	5573	5127	5127	4458	4102
Watermelon هندوانه	6199	11271	9801	9017	9017	7841	7213
Melon خربزه	7057	12831	11157	10265	10906	9484	8725
Other vegetable crops سایر جالیز	7000	12727	11067	10182	10818	9407	8655
Alfalfa یونجه	10500	21000	18261	16800	17850	15522	14280
Fodder maize ذرت علوفه‌ای	6434	10723	9325	8579	9115	7926	7292
Fodder sorghum سورگوم علوفه‌ای	5000	9091	7905	7273	7273	6324	5818
Silage قصیل	2400	4800	4174	3840	3840	3339	3072
Fodder beet چغندر علوفه‌ای	6000	10000	8696	8000	8000	6957	6400
Other fodder crops سایر علوفه	4000	8000	6957	6400	6800	5913	5440
Other crops سایر محصولات	6000	12000	10435	9600	9000	7826	7200

سطح برداشت گندم (*Triticum aestivum*) آبی در دوره پایه ۱۳۱ هزار هکتار بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب ۳۲ و ۴۶ درصد در شرایط آبیاری کامل و ۱۶ و ۲۶ درصد در شرایط کم‌آبیاری کاهش خواهد یافت (جدول ۳). بااین‌حال، سطح برداشت گندم دیم در دوره پایه ۱۰۳ هزار هکتار بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب ۲۰ و ۸ درصد افزایش خواهد یافت؛ به‌طوری‌که کل سطح برداشت

گندم از ۲۳۴ هزار هکتار در دوره پایه به ۲۱۲ و ۱۸۲ هـزار هکتـار در شرایط آبیاری کامل و به ۲۳۳ و ۲۰۸ هزار هکتار در شرایط کم‌آبیاری کاهش خواهد یافت. با توجه به اینکه به‌علت محدودیت آب در استان خراسان رضوی باید سطح برداشت محصولات زراعی کاهش یابـد، در این مطالعه، علاوه‌بر کاهش سطح برداشت، تناوب زراعی نیـز در نظـر گرفته شده است. به‌عنوان مثال، علی‌رغم نیاز به گندم، سطح برداشت آبی آن در دوره‌های افق کاهش و در سطح دیم نیـز کمتـرین درصـد افزایش به گندم اختصاص داده شد، تا از سطح تعریف‌شده برای آن در تناوب زراعی آبی و دیم فراتر نرود.

جدول ۳- سطح برداشت کل (آبی و دیم) و آبی محصولات زراعی در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری در دوره پایه و افق‌های ۵ و ۱۰ ساله

Table 3- Total (irrigated and rainfed) and irrigated harvested area under full and deficit irrigation conditions in the baseline and 5- and 10-year horizon

محصول Crop	سطح برداشت آبی و دیم Total harvested area (thousand ha)					سطح برداشت آبی Irrigated harvested area (thousand ha)				
		آبیاری کامل Full irrigation		کم‌آبیاری Deficit irrigation			آبیاری کامل Full irrigation		کم‌آبیاری Deficit irrigation	
	دوره پایه Baseline	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	دوره پایه Baseline	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon
Wheat گندم	234	212	182	233	208	131	89	71	110	97
Barley جو	137	131	128	148	148	114	97	82	114	102
Rice برنج	2.1	1.1	1.1	1.3	1.1	2.1	1.1	1.1	1.3	1.1
Cotton پنبه	23	19	17	21	19	23	19	17	21	19
Beet چغندر	17	10	9	14	11	17	10	9	14	11
Autumn beet چغندر پاییزه	0	2	2.5	2	2.2	0	2	2.5	2	2.2
Beans حبوبات	10	1	10	9	13	1.8	0.9	0.7	1.1	1
Potato سیب‌زمینی	5	4.2	4	4.7	4.5	4.7	4.2	4	4.7	4.5
Onion پیاز	2.1	1.7	1.5	1.9	1.7	2.1	1.7	1.5	1.9	1.7
Tomato گوجه‌فرنگی	11.3	7.9	6.3	9	8.1	11.3		6.3	9	8.1
Oily crops گیاهان روغنی	11	11	12	14	14	5.5	7.9	5.5	8.3	7.5
Watermelon هندوانه	7	5.0	4	4.4	3.9	6.7	5.5	3.4	4.4	3.9
Melon خربزه	25	18	16	20	18	25	4.0	15	19	17
Other vegetable crops سایر جالیز	3	2	1.8	2.2	2	2.8	17	1.8	2.2	2
Alfalfa یونجه	27	16	13	19	17	27	2	13	19	17
Fodder maize ذرت علوفه‌ای	17	17	14	17	16	17	16	14	17	16
Fodder sorghum سورگوم علوفه‌ای	0	2.2	2.2	3	3	0	17	2.2	2.5	2.5
Silage قصیل	0	27	37	28	28	0	2.2	7	8	8
Fodder beet چغندر علوفه‌ای	0	2	2	2	2	0	7	1.5	1.8	1.8
Other fodder crops سایر علوفه	0	15	21	15	21	2.2	1.5	1.8	2.7	2.7
Other crops سایر محصولات	22	9	8	21	15	13.5	2.2	7.6	12.1	12.1

سطح برداشت جو (*Hordeum vulgare*) آبی در شرایط آبیـاری کامل ۱۵ و ۲۸ درصـد نسـبت بـه دوره پایـه کـاهش خواهـد یافـت، درصورتی‌که در شرایط کم‌آبیاری سطح برداشت این محصول در افـق ۵ ساله حفظ (۱۱۴ هزار هکتار) و در افق ۱۰ ساله به ۱۰۲ هزار هکتار کاهش خواهد یافت (جدول ۳). بااین‌حال، سـطح برداشـت جـو دیـم حدود ۵۰ و ۱۰۰ درصد به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله نسـبت بـه دوره پایه افزایش خواهد یافت، به‌طوری‌که کل سـطح برداشـت ایـن محصول (آبی و دیم) از ۱۳۷ هزار هکتار در دوره پایه بـه ۱۳۱ و ۱۲۸ هزار هکتار به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله در شرایط آبیاری کامـل و به ۱۴۸ هزار هکتار در هر دو افق ۵ و ۱۰ ساله در شرایط کم‌آبیـاری افزایش خواهد یافت (جدول ۳). افـزایش در نظـر گرفته‌شـده در کـل سطح برداشت این محصول به‌علت مقاوم بودن این گیاه به شـوری و خشکی و در نتیجه، قابلیت کشت آن در اکثـر اراضـی و محصـول آن جهت نیاز تغذیه دام می‌باشد؛ لذا با توجه بـه خصوصـیات زراعـی آن، محدودیت آب در استان و شرایط آب‌وهوایی، کشت این گیاه در استان مناسب‌تر از گندم است.

در راستای توسعه کشت گیاهان پاییزه، سطح برداشت چغندرقنـد بهاره در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله نسبت به دوره پایه در شـرایط آبیـاری کامل به‌ترتیب ۴۱ و ۴۷ درصد و در شرایط کم‌آبیاری ۱۸ و ۳۵ درصـد نسبت به دوره پایه کاهش خواهد یافت (جدول ۳). با توجه بـه اینکـه

جایگزین نمودن کشت پاییزه چغندرقند با کشت بهاره آن منجر به کاهش حجم آب مصرفی و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب خواهد شد (Javaheri, Nadi, & Najafinezhad, 2020)، کشت پاییزه این محصول در هر دو افق و سناریو افزایش خواهد یافت، به‌طوری‌که کل سطح برداشت چغندر در استان (بهاره و پاییزه) از ۱۷ هزار هکتار در دوره پایه به ۱۶ و ۱۳ هزار هکتار به‌ترتیب به در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله در شرایط آبیاری کامل به ۱۲ هزار هکتار در هر دو افق در شرایط کم‌آبیاری خواهد رسید. توسعه کشت پاییزه چغندرقند ضمن حمایت‌های دولتی، نیازمند معرفی ارقام مناسب منطقه است؛ چراکه بولتینگ و ورنالیزاسیون به همراه یخزدگی، عامل اصلی عدم گسترش کشت پاییزه چغندرقند می‌باشند (Reinsdorf & Koch, 2013). طالقانی و همکاران (Taleghani, Moharamzadeh, Hemayati, Mohammadian, & Farahmand, 2011) نشان دادند که با اعمال مدیریت صحیح و استفاده از رقم مناسب می‌توان میزان ساقه رفتن چغندرقند که مهم‌ترین عامل محدودکننده کشت پاییزه چغندرقند محسوب می‌گردد را بین یک تا سه درصد کاهش داد.

با توجه به مصرف بالای سرانه روغن‌های گیاهی و وابستگی شدید به واردات و لزوم توجه بیشتر به تولید و تنوع دانه‌های روغنی با هدف نیل به خودکفایی (Zare-Feizabadi *et al*., 2022)، سطح برداشت دانه‌های روغنی در افق‌های مورد مطالعه در شرایط آبیاری کامل نسبت به دوره پایه تغییری نخواهد کرد، درصورتی‌که در شرایط کم‌آبیاری نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت، به‌طوری‌که از ۵/۵ هزار هکتار در دوره پایه با ۵۱ و ۳۷ درصد افزایش به ۸/۳ و ۷/۵ هزار هکتار به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله خواهد رسید (جدول ۳). سطح برداشت دیم این محصولات نیز در افق ۵ ساله نسبت به دوره پایه تغییری نخواهد کرد و در افق ۱۰ ساله ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت. کلزا (*Brassica napus*) بیش از ۷۰ درصد سطح برداشت دانه‌های روغنی استان را به خود اختصاص داده، لذا با توجه به اینکه این گیاه محصولی پاییزه می‌باشد، می‌تواند نقش مؤثری در تناوب محصولات پاییزه به‌ویژه برای محصول استراتژیک گندم داشته باشد (Zare-Feizabadi *et al*., 2022).

سطح برداشت کل محصولات جالیزی آبی در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله در شرایط آبیاری کامل به‌ترتیب ۳۳ و ۴۱ درصد و در شرایط کم‌آبیاری ۲۶ و ۳۴ درصد نسبت به دوره پایه کاهش خواهد یافت (جدول ۳). با توجه به محدودیت آب و همچنین آب‌بر بودن محصولات سبزی و صیفی، حبوبات و شلتوک کاهش سطح برداشت آبی آن‌ها در افق‌های پیش‌رو مدنظر قرار گرفته است. در مقابل، جهت تأمین تقاضا، سطح برداشت دیم این محصولات افزایش و تولید بسیاری از این محصولات در گلخانه افزایش خواهد یافت.

در راستای توسعه کشت علوفه‌های جدید و کم‌آب‌بر، در افق‌های مورد مطالعه، سطح برداشت یونجه به‌عنوان یک محصول با نیاز آبی بالا (جدول ۲) نسبت به دوره پایه کاهش و سطح برداشت ذرت علوفه‌ای در افق ۵ ساله ثابت و در افق ۱۰ ساله کاهش خواهد یافت (جدول ۳). با توجه به محدودیت آب و نیاز به علوفه با کیفیت برای دام‌های استان، به‌جای این محصولات، کشت سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor*)، قصیل و چغندر علوفه‌ای توسعه خواهد یافت. سطح برداشت لگوم و مخلوط دیم نیز با افزایش چشم‌گیری مواجه خواهد شد، به‌طوری‌که سطح برداشت کل محصولات علوفه‌ای استان از ۴۷ هزار هکتار در دوره پایه به ۷۸ و ۸۸ هزار هکتار در شرایط آبیاری کامل و به ۸۴ و ۹۶ هزار هکتار در شرایط کم‌آبیاری به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله خواهد رسید.

به‌طور کلی، میزان عملکرد محصولات زراعی آبی و دیم به‌جز قصیل و چغندر علوفه‌ای در دوره پایه کمتر از میانگین کشور و عملکرد پتانسیل آن‌ها می‌باشد (جدول‌های ۴ و ۵). این امر نشان‌دهنده ضعف مدیریت و عدم استفاده صحیح از پتانسیل موجود و کم‌آبیاری است. اگرچه شرایط آب‌وهوایی و به‌طور خاص بارندگی نقش مهمی در عملکرد محصولات زراعی مختلف به‌ویژه محصولات دیم دارد، امّا استفاده از فناوری‌های به‌روز به‌خصوص عوامل ژنتیکی از جمله تنوع ارقام جدید، با عملکرد بالا و سازگار با منطقه، استفاده از عوامل مدیریت اعم از مقادیر مورد نیاز نهاده‌های تولید، زمان مناسب مصرف آن‌ها، تاریخ کاشت و استفاده از ادوات و ماشین‌آلات مناسب و بومی‌سازی منطقه‌ای آن‌ها به جهت کاهش ضایعات و افزایش تولید، بهره‌وری و عملکرد بالا بسیار مهم و ضروری است (Zare-Feizabadi *et al*., 2022).

میزان تولید کل (آبی و دیم) و آبی محصولات زراعی در دو سناریو (کم‌آبیاری و آبیاری کامل) در دوره پایه و افق‌های ۵ و ۱۰ ساله در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اگرچه تولید آبی برخی از محصولات زراعی در افق نسبت به پایه کاهش یافته است، امّا مقدار تولید کل (آبی و دیم) کلیه محصولات به‌جز برنج افزایشی می‌باشد (جدول ۶). میزان تولید تمام محصولات دیم نیز در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله با افزایش مواجه خواهد شد.

جدول ۴- میانگین عملکرد محصولات زراعی آبی (کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری در دوره پایه و افق‌های ۵ و ۱۰ ساله
Table 4- Average yield of irrigated crops (kg ha^{-1}) under full and deficit irrigation conditions in the baseline and 5- and 10-year horizon

محصول Crop	Baseline پایه		Potential پتانسیل		Full آبیاری کامل irrigation		Deficit کم‌آبیاری irrigation	
	استان Province	کشور Country	استان Province	کشور Country	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon
Wheat گندم	3700	4273	7569	12659	4810	5750	4570	5175
Barley جو	3236	3555	6037	11450	4369	5150	4150	4678
Rice برنج	3448	5150	10148	-	4827	5600	4550	5208
Cotton پنبه	2240	2565	6273	7317	3136	3450	2979	3209
Beet چغندر	53030	54776	109592	161821	60985	66500	57500	61845
Autumn beet چغندر پاییزه	-	-	-	-	70000	74000	68000	68820
Beans حبوبات	1616	2208	4957	3956	2182	2500	2073	2300
Potato سیب‌زمینی	31439	35626	79424	90967	41499	46000	39425	42780
Onion پیاز	43117	46138	79630	174917	56052	61000	53249	56730
Tomato گوجه‌فرنگی	40026	45481	130576	-	52034	57000	49432	53010
Oily crops گیاهان روغنی	1619	1819	4957	7038	2348	2600	2250	2366
Watermelon هندوانه	25070	31000	73902	-	32090	35000	29843	32550
Melon خربزه	20500	22000	44619	-	26650	29000	24785	26970
Other vegetable crops سایر گیاهان جالیزی	21324	24000	37435	-	25589	28000	24053	26040
Alfalfa یونجه	9658	10578	30677	20707	12362	13500	11497	12555
Fodder maize ذرت علوفه‌ای	51679	52070	96598	122350	62015	67000	58914	62310
Fodder sorghum سورگوم علوفه‌ای	-	-	-	-	67000	74000	64000	68820
Silage قصیل	30000	30000	40000	-	32400	35000	30132	32900
Fodder beet چغندر علوفه‌ای	55000	55000	85000	-	68000	75000	66500	69750
Other fodder crops سایر علوفه	7679	8988	9500	-	9599	10500	9119	9765
Other crops سایر محصولات	8128	8700	10500	-	9916	11000	9024	10230

جدول ۵- میانگین عملکرد محصولات زراعی دیم (کیلوگرم در هکتار) در دوره پایه و افق‌های ۵ ساله و ۱۰ ساله
Table 5- Average yield of rainfed crops in the baseline and 5- and 10-year horizon

محصول Crop	کشور Country	دوره پایه Baseline	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon
Wheat گندم	1295	676	879	1055
Barley جو	1291	736	957	1148
Beans حبوبات	577	381	495	594
Oily crops گیاهان روغنی		155	264	316
Watermelon هندوانه	7600	3807	5711	6853
Melon خربزه	13000	3007	4511	5413
Silage قصیل	13000		9500	11400
Legumes and intercropping لگوم و مخلوط	2000	361	1500	1800
Other crops سایر محصولات	2534	2027	2432	2919

جدول ۶- تولید کل (آبی و دیم) و آبی محصولات زراعی در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری در دوره پایه و افق‌های ۵ و ۱۰ ساله

Table 6- Production of total (irrigated and rainfed) and rainfed crops under full and deficit irrigation conditions in the baseline and 5- and 10-year horizon

محصول Crop	تولید آبی و دیم Total crop production (thousand tons)					تولید آبی Irrigated crop production (thousand tons)				
	دوره پایه Baseline	آبیاری کامل Full irrigation		کم‌آبیاری Deficit irrigation		دوره پایه Baseline	کم‌آبیاری Deficit irrigation		آبیاری کامل Full irrigation	
		افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon		افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon
Wheat گندم	611	537	526	611	618	541	428	409	502	501
Barley جو	385	456	475	505	532	368	423	423	472	450
Rice برنج	7	5	6	6	6	7	5	6	6	6
Cotton پنبه	52	58	58	62	60	52	58	58	62	60
Beet چغندر	1021	634	622	797	686	1021	634	622	797	686
Autumn beet چغندر پاییزه	0	140	185	136	151	0	140	185	136	151
Beans حبوبات	6	6	10	6	10	3	2	2	2	2
Potato سیب‌زمینی	164	176	185	185	191	164	176	185	185	191
Onion پیاز	101	94	92	101	97	101	94	92	101	97
Tomato گوجه‌فرنگی	452	411	360	447	431	452	411	360	447	431
Oily crops گیاهان روغنی	10	14	16	20	20	9	13	14	19	18
Watermelon هندوانه	200	134	127	135	135	198	130	120	131	128
Melon خربزه	603	470	436	469	460	602	465	430	464	454
Other vegetable crops سایر گیاهان جالیزی	79	61	56	65	59	70	50	50	54	53
Alfalfa یونجه	274	218	208	235	247	274	200	174	217	213
Fodder maize ذرت علوفه‌ای	898	1076	938	1022	973	897	1076	938	1022	973
Fodder sorghum سورگوم علوفه‌ای	0	147	163	160	172	0	147	163	160	172
Silage قصیل	0	417	587	431	605	0	227	245	241	263
Fodder beet چغندر علوفه‌ای	0	102	113	120	126	0	102	113	120	126
Other fodder crops سایر علوفه	26	32	25	35	29	17	21	19	24	23
Other crops سایر محصولات	137	94	83	110	112	137	94	83	110	112

گندم بخش عمده تولیدات زراعی استان را به خود اختصاص داده است (جدول ۶). میزان تولید آبی این محصول در دوره پایه ۵۴۱ هزار تن بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب با ۲۱ و ۲۴ درصد کاهش به ۴۲۸ و ۴۰۹ هزار تن در شرایط آبیاری کامل و با حدود ۷ درصد کاهش به ۵۰۲ و ۵۰۱ هزار تن در شرایط کم‌آبیاری به‌دلیل کاهش سطح آبی (محدودیت تعادل‌بخشی آب) خواهد رسید. میزان تولید دیم این محصول در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب ۵۶ و ۶۹ درصد افزایش خواهد یافت، به‌طوری‌که میزان کل تولید این محصول در استان در شرایط کم‌آبیای در افق ۵ ساله مشابه دوره پایه (۶۱۱ هزار تن) خواهد بود و در افق ۱۰ ساله با حدود یک درصد افزایش به ۶۱۸ هزار تن خواهد رسید (جدول ۶).

مقدار کل تولید جو آبی در دوره پایه ۳۶۸ هزار تن بوده که در شرایط آبیاری کامل با ۱۵ درصد افزایش به ۴۲۳ هزار تن در هر دو افق و در شرایط کم‌آبیاری در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب با ۲۸ و ۳۰ درصد افزایش به ۴۷۲ و ۴۸۰ هزار تن خواهد رسید (جدول ۶). جو دیم نیز در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب با افزایش ۹۵ و ۲۱۲ درصدی نسبت به دوره پایه مواجه خواهد شد، به‌طوری‌که کل تولید جو استان از ۳۸۵ هزار تن در دوره پایه به ۴۵۶ و ۴۷۵ هزار تن به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله در شرایط آبیاری کامل و به ۵۰۵ و ۵۳۲ هزار تن در شرایط کم‌آبیاری افزایش خواهد یافت (جدول ۶). با توجه به بهره‌وری بالاتر این محصول، قسمتی از اراضی گندم که از پتانسیل تولید پایین‌تری برخوردار هستند و محدودیت آب و شوری خاک دارند را می‌توان به تولید جو اختصاص داد.

تولید چغندرقند بهاره در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله نسبت به دوره پایه در هر دو شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری کاهش (جدول ۶) و در مقابل، میزان تولید پاییزه این محصول افزایش خواهد یافت؛ به‌طوری‌که کل تولید چغندرقند استان (پاییزه و بهاره) از ۱۰۲۱ هزار تن در دوره پایه به ۷۷۴ و ۸۰۷ هزار تن در شرایط آبیاری کامل و

۹۳۳ و ۸۳۷ هزار تن در شرایط کم‌آبیاری خواهد رسید.

میزان تولید دانه‌های روغنی آبی در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب با ۴۴ و ۵۶ درصد افزایش در شرایط آبیاری کامل و ۱۱۱ و ۱۰۰ درصد افزایش در شرایط کم‌آبیاری مواجه خواهد شد (جدول ۶). میزان تولید دانه‌های روغنی دیم با افزایش نسبت به دوره پایه به ۱/۴۱ و ۲/۰۳ هزار تن به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله خواهد رسید؛ به‌طوری‌که کل تولید دانه‌های روغنی استان از ۱۰ به ۱۴ و ۱۶ هزار تن به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله در شرایط آبیاری کامل و ۲۰ هزار تن در هر دو افق در شرایط کم‌آبیاری خواهد رسید (جدول ۶). توسعه تولید دانه‌های روغنی منجر به کاهش وابستگی به واردات خوراک دام، امکان استحصال روغن‌های خوراکی با کیفیت به‌ویژه از کلزا که روغن بالایی دارد و استفاده از آن در تناوب کشت با گندم به‌منظور تقویت خاک و پایداری تولید گندم در استان خواهد شد (Zare-Feizabadi *et al*., 2022).

میزان تولید کل محصولات جالیزی آبی در دوره پایه ۸۷۰ هزار تن بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب به ۶۴۵ و ۶۰۰ هزار تن در شرایط آبیاری کامل و به ۶۴۹ و ۶۳۵ هزار تن در شرایط کم‌آبیاری کاهش خواهد یافت (جدول ۶). کل تولید محصولات جالیزی آبی و دیم استان از ۸۸۲ هزار تن به ۶۶۵ و ۶۱۹ هزار تن به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله در شرایط آبیاری کامل و به ۶۶۹ و ۶۵۴ هزار تن در شرایط کم‌آبیاری کاهش خواهد یافت (جدول ۶).

میزان تولید کل محصولات علوفه‌ای آبی در دوره پایه ۱۱۸۸ هزار تن بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به ۱۷۷۳ و ۱۶۵۲ هزار تن در شرایط آبیاری کامل و به ۱۷۸۴ و ۱۷۷۰ هزار تن در شرایط کم‌آبیاری خواهد رسید. لازم به ذکر است که در بین محصولات علوفه‌ای، میزان تولید یونجه با توجه به کاهش سطح برداشت آن کاهش و مابقی محصولات علوفه‌ای افزایش خواهد یافت. میزان تولید محصولات علوفه‌ای دیم نیز با افزایش قابل توجهی مواجه خواهد شد؛ با توجه به موارد بیان‌شده، میزان کل علوفه تولیدی استان (آبی و دیم) در دوره پایه ۱۱۹۸ هزار تن بوده که به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به ۱۹۹۲ و ۲۰۳۴ هزار تن در شرایط آبیاری کامل و به ۲۰۰۳ و ۲۱۵۲ هزار تن در شرایط کم‌آبیاری افزایش خواهد یافت (جدول ۶).

با توجه به سهم بالای گندم از سطح برداشت محصولات زراعی، بیشترین حجم آب مصرفی (۸۳۹ میلیون مترمکعب) به این محصول اختصاص داشته که در شرایط آبیاری کامل به ۴۹۶ و ۳۶۵ و در شرایط کم‌آبیاری نیز با ۳۱ درصد کاهش نسبت به شرایط آبیاری کامل، حجم آب مصرفی به ۴۹۰ و ۳۹۷ میلیون مترمکعب به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله خواهد رسید (جدول ۷). جو نیز پس از گندم بیشترین حجم آب مصرفی را دارا بوده که با توجه به کاهش کمتر سطح برداشت این محصول نسبت به گندم در دوره‌های افق، میزان تغییر در حجم آب مصرفی آن نیز کمتر از گندم بوده؛ به‌طوری‌که از ۶۳۵ میلیون مترمکعب در دوره پایه با ۲۶ و ۴۲ درصد کاهش به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله در شرایط آبیاری کامل و در شرایط کم‌آبیاری (۴۴۲ میلیون مترمکعب) نیز ۳۰ درصد کمتر از شرایط آبیاری کامل بوده که در افق ۵ ساله حفظ و در افق ۱۰ ساله به ۳۶۶ میلیون مترمکعب کاهش خواهد یافت.

پس از گندم و جو، بیشترین حجم آب مصرفی در شرایط آبیاری کامل با ۵۶۵ میلیون مترمکعب به‌علت نیاز آبی بالای یونجه به این محصول اختصاص داشته که با کاهش ۴۸ و ۶۲ درصدی به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله مواجه خواهد شد (جدول ۷). حجم آب مصرفی ذرت علوفه‌ای نیز در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله کاهش خواهد یافت، امّا حجم آب مصرفی سورگوم علوفه‌ای، قصیل و چغندر علوفه‌ای به‌عنوان کشت پیشنهاد در دوره افق افزایش خواهد یافت، به‌طوری‌که حجم آب مصرفی کل محصولات علوفه‌ای از ۷۶۹ میلیون مترمکعب در دوره پایه به ۵۳۱ و ۴۰۳ در شرایط آبیاری کامل و از ۵۶۹ میلیون مترمکعب به ۵۰۳ و ۴۲۱ میلیون مترمکعب در شرایط کم‌آبیاری خواهد رسید.

حجم آب مصرفی چغندرقند با توجه به تغییرات سطح برداشت آن، در کشت بهاره کاهش و در کشت پاییزه افزایش خواهد یافت (جدول ۷)؛ بااین‌حال کل حجم آب مصرفی این محصول با توجه به نیاز آبی پایین‌تر کشت پاییزه نسبت به بهاره (جدول ۲) در شرایط آبیاری کامل از ۲۸۴ به ۱۶۴ و ۱۴۱ و در شرایط کم‌آبیاری از ۱۹۷ به ۱۷۱ و ۱۲۹ میلیون مترمکعب به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله کاهش خواهد یافت.

حجم آب مصرفی دانه‌های روغنی با توجه به افزایش سطح برداشت آن‌ها در دوره‌های افق، به نسبت سایر محصولات زراعی از کاهش کمتری برخوردار خواهد شد؛ حجم آب مصرفی این محصولات در شرایط آبیاری کامل در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب ۱۴ و ۲۲ درصد نسبت به دوره پایه کاهش و در شرایط کم‌آبیاری نیز ۳۱ درصد کمتر از شرایط آبیاری خواهد بود. حجم آب مصرفی محصولات جالیزی نیز با کاهش سطح برداشت آن‌ها در دوره‌های افق با کاهش قابل توجهی مواجه خواهد شد (جدول ۷)، به‌طوری‌که حجم آب مصرفی کل محصولات جالیزی در شرایط آبیاری کامل از ۴۳۲ دوره پایه به ۲۵۷ و ۲۰۱ و در شرایط کم‌آبیاری از ۳۱۶ دوره پایه به ۲۳۲ و ۱۹۳ میلیون مترمکعب به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله خواهند رسید.

جدول ۷- حجم آب مصرفی محصولات زراعی (میلیون مترمکعب) در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری در دوره پایه و افق‌های ۵ و ۱۰ ساله

Table 7- The amount of water consumed by crops (million m^{-3}) under full and deficit irrigation conditions in the baseline and 5- and 10-year horizon

محصول Crop	آبیاری کامل Full irrigation			کم‌آبیاری Deficit irrigation		
	دوره پایه Baseline	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	دوره پایه Baseline	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon
Wheat گندم	839	496	365	583	490	297
Barley جو	635	469	367	442	442	366
Rice برنج	34	15	14	27	16	113
Cotton پنبه	350	243	201	243	219	181
Beet چغندر	284	148	123	197	158	116
Autumn beet چغندر پاییزه		16	18		13	13
Beans حبوبات	23	10	7	16	9	8
Potato سیب‌زمینی	50	39	34	39	39	34
Onion پیاز	28	20	16	20	18	15
Tomato گوجه‌فرنگی	139	84	62	108	87	72
Oily crops گیاهان روغنی	36	31	28	25	37	31
Watermelon هندوانه	76	40	31	53	34	28
Melon خربزه	320	195	152	237	177	147
Other vegetable crops سایر گیاهان جالیزی	36	22	18	26	21	18
Alfalfa یونجه	565	295	217	418	293	242
Fodder maize ذرت علوفه‌ای	186	162	120	138	137	114
Fodder sorghum سورگوم علوفه‌ای	-	17	16	-	16	15
Silage قصیل	-	29	27	-	27	25
Fodder beet چغندر علوفه‌ای	-	13	12	-	13	12
Other fodder crops سایر علوفه	18	15	11	13	16	13
Other crops سایر محصولات	162	98	72	106	95	73

میزان بهره‌وری آب تمام محصولات زراعی در هر دو سناریوی آبیاری کامل و کم‌آبیاری در دوره‌های افق نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت و در موارد اندکی ثابت خواهد ماند (جدول ۸). بهره‌وری آب گندم و جو در دوره پایه ۰/۷ کیلوگرم بر مترمکعب بوده (که به‌ترتیب ۰/۲ و ۰/۱ کیلوگرم بر مترمکعب کمتر از میانگین کشوری) است. در شرایط آبیاری کامل، میزان بهره‌وری آب هر دو محصول به ۰/۹ در افق ۵ ساله و ۱/۱ و ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب به‌ترتیب برای گندم و جو در افق ۱۰ ساله خواهد رسید. در شرایط کم‌آبیاری، میزان بهره‌وری آب به‌ترتیب برای گندم و جو به ۱ و ۱/۱ در افق ۵ ساله و به ۱/۳ کیلوگرم بر مترمکعب برای هر دو محصول در افق ۱۰ ساله خواهد رسید.

میزان بهره‌وری آب چغندر بهاره استان در دوره پایه ۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود که ۰/۳ از میانگین کشوری آن کمتر است (جدول ۸). این میزان بهره‌وری آب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب به ۴/۳ و ۵/۱ در شرایط آبیاری کامل و به ۵ و ۵/۹ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط کم‌آبیاری افزایش خواهد یافت. بااین‌حال، میزان بهره‌وری آب چغندر پاییزه در افق‌های مورد مطالعه در هر دو سناریو با توجه به نیاز آبی کمتر آن نسبت به چغندر بهاره، دو برابر بیشتر از بهره‌وری آب چغندر بهاره خواهد بود.

بهره‌وری آب دانه‌های روغنی استان از ۰/۳ در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب با ۳۳ و ۶۷ درصد افزایش به ۰/۴ و ۰/۵ در شرایط آبیاری کامل و به ۰/۵ و ۰/۶ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط کم‌آبیاری افزایش خواهد رسید (جدول ۸). میانگین بهره‌وری آب کل محصولات جالیزی استان ۲/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب در دوره پایه بوده که کمتر از میانگین کشور (۳ کیلوگرم بر مترمکعب) می‌باشد (جدول ۸). این میزان بهره‌وری آب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب ۲۰ و ۴۲ درصد در شرایط آبیاری کامل و ۳۴ و ۵۸ درصد در شرایط کم‌آبیاری افزایش خواهد یافت. بهره‌وری آب محصولات علوفه‌ای نیز در دوره‌های افق نسبت به دوره پایه با افزایش مواجه خواهد شد. در بین این محصولات، بیشترین میزان افزایش در بهره‌وری آب یونجه

مشاهده خواهد شد (جدول ۸)؛ به‌طوری‌که از ۰/۵ در دوره پایه به ۰/۷ و ۰/۸ در شرایط آبیاری کامل و به ۰/۷ و ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط کم‌آبیاری به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله خواهد رسید.

چشم‌انداز بازرگانی محصولات مهم زراعی

مصرف سرانه مجموع محصولات مهم زراعیِ امنیت غذایی استان در دوره پایه ۵۰۵ کیلوگرم به‌ازای هر نفر در سال (از ۸۲۹ کیلوگرم کل مصرف سرانه غذایی امنیت غذایی دوره پایه کشور) بوده که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب به ۴۹۷ و ۴۹۰ کیلوگرم به‌ازای هر نفر در سال کاهش خواهد یافت (برمبنای سند امنیت غذایی کشور) (جدول ۹). مصرف سرانه گندم، برنج، روغن و قند و شکر در افق‌های مورد مطالعه کاهش و مصرف سایر محصولات افزایش خواهد یافت.

میزان تقاضا برای مجموع محصولات مهم زراعی استان در افق‌های مورد مطالعه افزایش خواهد یافت، به‌طوری‌که از ۳۳۷۹ هزار تن در دوره پایه با ۷ و ۱۱ درصد افزایش به ۳۶۱۷ و ۳۷۶۱ هزار تن به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله خواهد رسید (جدول ۹). بخش عمده تقاضا در دوره پایه به‌ترتیب مربوط به سبزی و صیفی‌جات و گندم خواهد بود که در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله نیز این ترتیب حفظ خواهد شد. کمترین میزان تقاضا نیز در دوره پایه و همچنین در دو افق مربوط به حبوبات خواهد بود. میزان تقاضای تمام محصولات زراعی به‌جز قند و شکر در دو افق و برنج در افق ۱۰ ساله مورد بررسی افزایش خواهد یافت.

جدول ۸- بهره‌وری آب محصولات زراعی (کیلوگرم بر مترمکعب) در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری در دوره پایه و افق‌های ۵ و ۱۰ ساله

Table 8- Crop water productivity (kg m^{-3}) under full and deficit irrigation conditions in the baseline and 5- and 10-year horizon

محصول Crop	دوره پایه Baseline		آبیاری کامل Full irrigation		کم‌آبیاری Deficit irrigation	
	استان Province	کشور Country	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon
Wheat گندم	0.7	0.9	0.9	1.1	1.0	1.3
Barley جو	0.7	0.8	0.9	1.2	1.1	1.3
Rice برنج	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4
Cotton پنبه	0.2	0.24	0.2	0.3	0.3	0.3
Beet چغندر	4.0	4.3	4.3	5.1	5.0	5.9
Autumn beet چغندر پاییزه	-	-	8.8	10.1	10.6	11.7
Beans حبوبات	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3
Potato سیب‌زمینی	3.3	2.8	4.5	5.5	4.8	5.6
Onion پیاز	4.0	1.4	4.8	5.6	5.7	6.6
Tomato گوجه‌فرنگی	3.6	3.2	4.9	5.8	5.1	6.0
Oily crops گیاهان روغنی	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6
Watermelon هندوانه	2.8	3.9	3.3	3.9	3.8	4.5
Melon خربزه	1.9	2	2.4	2.8	2.6	3.1
Other vegetable crops سایر گیاهان جالیزی	2.0	3.1	2.3	2.8	2.6	3.0
Alfalfa یونجه	0.5	0.7	0.7	0.8	0.7	0.9
Fodder maize ذرت علوفه‌ای	5.7	5	6.7	7.8	7.4	8.5
Fodder sorghum سورگوم علوفه‌ای	-	-	-	10.2	10.1	11.8
Silage قصیل	7.8	10	7.8	9.1	9.0	10.7
Fodder beet چغندر علوفه‌ای	6.9	6.1	7.8	9.4	9.6	10.9
Other fodder crops سایر علوفه	1.1	6.5	1.4	1.6	1.5	1.8
Other crops سایر محصولات	0.9	0.2	1.0	1.1	1.2	1.4

جدول ۹- مقادیر مصرف سرانه، تقاضا، تولید، تجارت و خوداتکایی محصولات مهم زراعی برای دوره پایه و افق‌های ۵ و ۱۰ ساله

Table 9- Per-capita consumption, demand, production, trade, and self-reliance of important agricultural products for the baseline and 5- and 10-year horizons

Indicator شاخص	مصرف سرانه Per-capita consumption (kg person year^{-1})			تقاضا Demand (thousand tons)			تولید Production (thousand tons)			تجارت Trade (thousand tons)			خوداتکایی Self-reliance (%)		
Product محصول	دوره پایه Base line	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	دوره پایه Base line	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	دوره پایه Base line	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	دوره پایه Base line	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon	دوره پایه Base line	افق ۵ ساله 5-year horizon	افق ۱۰ ساله 10-year horizon
Wheat گندم	160	156	153	1064	1162	1195	611	611	618	-454	-551	-577	57	53	52
Rice برنج	34	31	28	224	232	222	5	4	4	-219	-229	-218	2	2	2
Oil روغن	22	21	21	145	158	162	4	8	8	-141	-150	-154	3	5	5
Beans حبوبات	11	12	12	75	87	96	6	6	10	-69	-81	-87	8	7	10
Potato سیب‌زمینی	48	49	50	318	363	388	164	185	191	-154	-178	-197	52	51	49
Sugar قند و شکر	30	22	19	200	164	149	153	140	126	-46	-24	-23	77	85	85
سبزی و صیفی Vegetables and cucurbits	200	206	207	1333	1535	1620	1557	1485	1567	224	-50	-53	117	97	97
Total جمع	505	497	490	3379	3617	3761	2500	2440	2523	-879	-1177	-1238	74	68	67

میزان تولید مجموع محصولات مهم زراعی در استان از ۲۵۰۰ هزار تن در دوره پایه به ۲۴۴۰ هزار تن در افق ۵ ساله کاهش و در افق ۱۰ ساله به ۲۵۲۳ هزار تن افزایش خواهد یافت (جدول ۹). میزان تولید برنج، قند و شکر و سبزی و صیفی در دوره‌های افق نسبت به دوره پایه کاهش و مابقی محصولات افزایش خواهد یافت.

همان‌طورکه بیان گردید، علی‌رغم افزایش تقاضای محصولات مهم زراعی در استان در افق‌های مورد مطالعه، میزان تولید مجموع این محصولات در استان در افق ۵ ساله دو درصد کاهش و در افق ۱۰ ساله تنها یک درصد افزایش خواهد یافت؛ این امر موجب می‌گردد که میزان تجارت این محصولات منفی‌تر و خوداتکایی تولیدات استان کاهش یابد (جدول ۹). به عبارت دیگر، میزان نیاز به وارد کردن محصولات مهم زراعی به استان افزایش یابد. میزان کسری کل محصولات مهم زراعی در استان در دوره پایه ۸۷۹ هزار تن بوده و در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ترتیب به ۱۱۷۷ و ۱۲۳۸ هزار تن خواهد رسید. میزان کسری تمام محصولات مهم زراعی استان به‌جز قند و شکر در دوره‌های افق بیشتر از دوره پایه خواهد بود. این بدان معنا است که استان خراسان رضوی برای تمام محصولات مهم زراعی در افق کمبود داشته و خودکفا نبوده، لذا نیاز دارد در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله این محصولات را از خارج استان وارد کند. میزان کسری قند و شکر از ۴۶ در دوره پایه به حدود ۲۰ هزار تن در هر دو افق کاهش خواهد یافت.

با توجه به اینکه میزان افزایش در تولید مجموع محصولات مهم زراعی استان متناسب با افزایش تقاضای این محصولات در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله نبوده (افزایش جمعیت)، میزان خوداتکایی تولیدات مهم زراعی استان به‌جز حبوبات و روغن در هر دو افق کاهش خواهد یافت، به‌طوری‌که میزان خوداتکایی کل تولیدات زراعی محصولات مهم استان از ۷۴ درصد در دوره پایه به ۶۸ و ۶۷ درصد به‌ترتیب در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله کاهش خواهد یافت (جدول ۹). میزان خوداتکایی استان تنها برای محصولات سبزی و صیفی در دوره پایه بیشتر از ۱۰۰ درصد بوده است، چراکه میزان تولید این محصولات در استان بیشتر از تقاضای آن‌ها می‌باشد. لذا استان خراسان رضوی در تولید این محصولات خودکفا بوده و در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله نیز در حد خودکفایی خواهد ماند. درصد خوداتکایی استان از نظر تمام محصولات مورد بررسی به‌جز برنج، روغن، قند و شکر در هر دو افق ۵ و ۱۰ ساله کاهش و ثابت خواهد بود، لذا میزان تولید این محصولات در استان خراسان رضوی، هیچ‌گاه کفاف تأمین نیاز استان را نداشته و این استان عملاً تولیدکننده این محصولات به‌حساب نمی‌آید.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که الگوی تولید پیشنهادی برای محصولات زراعی استان خراسان رضوی در افق‌های ۵ و ۱۰ ساله به‌ویژه در سناریوی کم‌آبیاری در راستای تعادل‌بخشی آب عمل خواهد نمود. چراکه در این الگو ضمن کاهش حجم آب مصرفی، عملکرد محصولات آبی و دیم در دوره‌های افق نسبت به دوره پایه افزایش و سطح برداشت محصولات آبی کاهش و محصولات دیم افزایش خواهد یافت. بااین‌حال، میزان تولید محصولات زراعی تغییر چندانی در دوره‌های افق نسبت به دوره پایه نخواهد داشت، درحالی‌که میزان تقاضا با افزایش مواجه خواهد شد. لذا الگوی تولیدی در راستای افزایش خوداتکایی استان عمل نخواهد نمود. بدیهی است با توجه به محدودیت‌های آب‌وخاک و اقلیم در کشور، دستیابی به تولید بهینه، نیازمند رعایت الگوی کشت و سوق دادن مشوق‌ها و حمایت‌ها براساس آن است. الگوی کشت پیشنهادی در این مطالعه باید هر دو تا سه سال یک‌بار با توجه به نیاز و تقاضا و تغییرات اقلیمی به‌روزرسانی گردد که می‌تواند محصولات جدیدی در این الگو وارد شود و یا تغییر در سطح محصولات ایجاد گردد. همچنین تحقق نتایج این مطالعه نیازمند مقوله‌های «پژوهش[1]»، «فناوری[2]»، «آموزش و توانمندسازی[3]»، «ترویج دستاوردها[4]» و علاوه‌بر آن‌ها مدیریت و نیروی انسانی و سیاست‌ها و برنامه‌های تأمین، تولید و توزیع بهینه و مناسب در زمانی صحیح است.

سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از پروژه تحقیقاتی «مطالعه تولیدات کشاورزی شرق کشور» مصوب مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب، اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی ایران بوده که با تصویب و پرداخت هزینه اجرا و همکاری و مساعدت سرپرست محترم و همکاران این مرکز به انجام رسیده است که بدینوسیله از آن‌ها سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

1- Research
2- Technology
3- Education and empowerment
4- Promote achievements

References

1. Arora, N. K., & Mishra, I. (2019). United nations sustainable development goals 2030 and environmental sustainability: Race against time. *Environmental Sustainability, 2*(4), 339-342.
2. Askari Bozayeh, F., Mohammadzadeh, R., & Azarin Far, Y. (2020). Water and its landscape in the MENA region (Middle East and North Africa). *Journal of Water and Sustainable Development*, *7*(2), 33-44. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jwsd.v7i2.85789
3. Eslami, A. (2020). Effects of climate change on agricultural production and food security. *Journal of Water and Sustainable Development*, *7*(4), 83-87. (in Persian)
4. Ghods (2021). Watershed and aquifer management plans are the most basic solution to reduce the effects of drought. https://www.qudsonline.ir/news/755325
5. Asgharzadeh, A., Gobadijanbaz, Gh., Motevalli, S., Taherian, M., & Kouhi, M. (2024). Examining the limit profiles of temperature and precipitation under the conditions of climate change in Razavi Khorasan province. *Journal of Climate Research*, *15*, 63-78. (in Persian with English abstract)
6. Javaheri, M. A., Nadi, M., & Najafinezhad, H. (2020). Use of agro-climatic zoning in determining zoning of determining the appropriate growth period, planting date and harvesting date of autumn sowing of sugar beet in Kerman province. *Plant Ecophysiology*, *12*(41), 148-161. (in Persian with English abstract)
7. Khorasan (2023). The statistical challenge of water. http://khorasanrazavi.khorasannews.com/Newspaper/MobileBlock?NewspaperBlockID=193583
8. Khorasanizadeh, H., Ghasemieh, H., Soleimani-Motlagh, M., & Mizavand, M. (2023). Investigating quantitative status of groundwater resources in Kashan plain, perspective and providing appropriate solutions. *Water Resources*, *15*(55), 53-74. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.30495/wej.2023.27982.2313
9. Lebaschi, M. H. (2017). The necessity of producing medicinal plants in the rainfed lands of the country. *Iran Nature*, *2*(4), 6-9. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/irn.2017.113376
10. National and strategic document of food security 2022-2031, (2021). Deputy of agricultural education and promotion, office of knowledge network and social media, by order of the supreme council of cultural revolution. (in Persian)
11. Organization of Agricultural-Jihad of Khorasan Razavi. (2022). Agricultural outlook of Razavi Khorasan province in 2021. Accessed 21 April 2022. https://koaj.ir/Modules/showframework.aspx?RelFacilityId=1241&ObjectID=252&FrameworkPageType=SEC.
12. Pilvar, R., & Rajabi, M. (2019). Property rights of water wells; the arena of transformation from private law to public law. *Journal of Research and Development in Comparative Law*, *2*(2), 67-91. (in Persian). https://doi.org/10.22034/law.2019.239542
13. Poshtvan, H., & Rajabi Hashtjin, M. (2023). *Allocation of Water Resources: Risks and Opportunities*. Sabzran Press, Tehran, Iran. pp. 264.
14. Poursepahi, H. (2022). Studies on water in the eastern basin of the country (Khorasan Razavi province). National Center for Strategic Studies of Agriculture and Water, Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture of Iran. (in Persian)
15. Rahmani, A., Sefidkan, F., Fayyaz, M., Jafari, A. A. & Motamedi, J. (2022). The Research Institute of Forests and Rangelands' approach towards the country's wetlands to preserve the basic resources. *Iran's Nature, 7*(4), 87-102. (in Persian). https://doi.org/10.22092/IRN.2022.127537
16. Reinsdorf, E., & Koch, H. J. (2013). Modeling crown temperature of winter sugar beet and its application in risk assessment for frost killing in Central Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, *182*, 21-30. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.08.001
17. Rutten, M., Van Dijk, M., Van Rooij, W., & Hilderink, H. (2014). Land use dynamics, climate change, and food security in Vietnam: A global-to-local modeling approach. *World Development*, *59*, 29-46. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.01.020
18. Shariatmadar, M., Keshavarz, A., Kosravi, A., Kianpour, R., & Farsi, M.M. (2020). Report of Iran's food security, evaluation of Iran's agricultural and food self-reliance with a look at the supply and consumption of food in the society, 1998-2018. National Center for Strategic Studies of Agriculture and Water use at Iran's Chamber of Commerce. (in Persian)
19. Simtowe, F., Shiferaw, B., Kassie, M., Abate, T., Silim, S., Siambi, M., Madzonga, O., Muricho, G., & Kananji, G. (2010). Assessment of the current situation and future outlooks for the pigeonpea sub-sector in Malawi. *Nairobi: ICRISAT*, pp. 1-52.
20. Soltani, A., Zand, A., Alimagham, M., Nehbandani, A., Barani, H., Soltani, A., Torabi, B., Zeinali, A., Mirkarimi, Sh., & Jolaei, R. (2019). Analysis of the country's food security until 2050 by modeling the correlation of water, land, food and environment: Perspective and necessary policies. Agricultural Research, Education and Promotion Organization. (in Persian)
21. Studies on the water requirement of important agricultural and horticultural crops in the eastern provinces of Iran. (2023). National Center for Strategic Studies of Agriculture and Water, Chamber of Commerce, Industries, Mines

and Agriculture of Iran. (in Persian)
22. Taleghani, D. F., Moharamzadeh, M., Hemayati, S. S., Mohammadian, R., & Farahmand, R. (2011). Effect of sowing and harvest time on yield of autumn-sown sugar beet in Moghan region in Iran. *Seed and Plant Production*, *27*(3), 355-371. (in Persian with English abstract)
23. Tavasoli, A., Tabatabaee, J., Hoseinnia, A., Bagherzade, M., & Jabbari, H. (2016). Rainwater harvesting for Urmia Island (I.R.Iran) wildlife. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, *3*(4), 57-71. (in Persian with English abstract)
24. Yousefi, A., Sarai Tabrizi, M., Porhemmat, J. & Babazadeh, H. (2022). Studying groundwater resources balancing plan under climate change conditions (case study: Hashtgerd study area). *Iranian Water Research Journal*, *16*(45), 15-32. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/iwrj.2022.10020.2340
25. Zare-Feizabadi, A., Keshavarz, A., Shariatmadar, M., Hassanpour, A., Kianpour, R., Fakkari, B., & Farssi, A. (2022). Report of the pathology and analysis of agricultural sector for the period of 1996-2019. National Center for Strategic Studies of Agriculture and Water use at Iran's Chamber of Commerce. (in Persian)
26. Zarei, N. (2023). Governance of the agricultural sector and its consequences on food security. *Economic Security*, *11*(4), 41-54. (in Persian)
27. Zarrin, A. (2021). The temporal extension of droughts in the coming decades and the need to pay attention to the drought management plan. *Journal of Water and Sustainable Development*, *8*(1), 1-1. (in Persian with English abstract)